

Reference 1

Int. Cl.: C 22 c, 21/02

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



Deutsche Kl.: 40 b, 21/02

Schroeter

Offenlegungsschrift 2 347 059

Aktenzeichen: P 23 47 059.9

Anmeldetag: 19. September 1973

Offenlegungstag: 30. Mai 1974

Ausstellungspriorität: —

Unionspriorität
Datum: 24. November 1972
Land: V. St. v. Amerika
Aktenzeichen: 309134

Bezeichnung: Aluminiumlegierung hoher Festigkeit

Zusatz zu: —

Ausscheidung aus: —

Anmelder: ~~Olin Corp., New Haven, Conn. (V.St.A.)~~ *SWISS ALUMINIUM LTD CHIPPIS (SCHWEIZ)*

Vertreter gem. § 16 PatG: Schroeter, H., Dipl.-Phys.; Lehmann, K., Dipl.-Ing.; Patentanwälte, 8000 München

Als Erfinder benannt: Sperry, Philip R., North Haven; Winter, Joseph, New Haven; Pryor, Michael J., Woodbridge; Conn. (V.St.A.)

geprüft im Pat. Bl. Nr. 26-5,76

DI 2347059

ORIGINAL INSPECTED

5.74 409 822/699

7/70

PATENTANWÄLTE

HELMUT SCHROETER KLAUS LEHMANN
DIPL.-PHYS. DIPL.-ING.

2347059

Olin Corporation

bm-ol-13
BB/Pp

18. Sept. 1973

Aluminiumlegierung hoher Festigkeit

Guß aus Aluminiumlegierung, der gute physikalische Eigenschaften, insbesondere hohe Festigkeit und Verschleißfestigkeit, aufweist, wird für eine Vielzahl von Gründen benötigt. Im allgemeinen weist der normalerweise erhältliche Guß aus Aluminiumlegierung eine Festigkeit auf, die weit unter derjenigen liegt, die bei gewalzten Platten und Barren und beim Schmieden und Hämmern erreicht wird.

In der US-Patentschrift 3 475 166 findet man die Lehre, Guß hoher Festigkeit aus Aluminiumlegierung herzustellen, der gute physikalische Eigenschaften aufweist. Dieses Patent offenbart eine Legierung, die gute Eigenschaften bei erhöhter Temperatur aufweist, welche wünschenswert für Kolben oder hochbeanspruchte Maschinenteile mit verringertem Gewicht sind. Jedoch hat dieses Material keine angemessene Festigkeit gegenüber Abscheuern, Abreiben oder Abnutzen.

Es ist entsprechend eine Aufgabe der Erfindung, eine neue und verbesserte Legierung auf Aluminiumbasis vorzulegen, die eine hohe Festigkeit und Abnutzungsfestigkeit aufweist, und die gute Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen hat und auch einen hohen Widerstand gegenüber Abscheuern, Abreiben oder Abnutzen aufweist,

409822/0699

2347059

so daß diese Legierung für die Herstellung von Kolben oder anderen hoch beanspruchten Maschinenteilen, die einer erhöhten Betriebstemperatur ausgesetzt sind, verwendet werden kann.

Die Erfindung hat gezeigt, daß die erwähnten Vorteile und eine Lösung der gestellten Aufgabe gefunden worden sind. Die Aluminiumlegierung der Erfindung enthält im wesentlichen 7 bis 20% Silizium vorzugsweise jedoch 7 bis 12%, 0,1 bis 0,6% Magnesium, 0,1 bis 1,0% Silber, 3,5 bis 6% Kupfer, und Aluminium für die übrigen bleibenden auf 100 zu ergänzenden Prozente. Natürlich können viele wahlweise Zusätze und normale Verunreinigungen ohne weiteres verwendet werden, wie es aus der folgenden Beschreibung zu ersehen ist.

Es hat sich gezeigt, daß die vorliegende Legierung gute Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen zusammen mit einer hohen Festigkeit gegenüber Abscheuern, Abreiben oder Abnutzen aufweist. Der Zusatz von Silizium in der verwendeten Menge, hat gezeigt, daß er eine Abnutzfestigkeit erzeugt, überraschenderweise ohne die Festigkeit des Grundgefüges zu verringern.

Weiterhin wurde überraschenderweise gefunden, daß die Grundaushärtbarkeit des Legierungsgrundgefüges nicht durch die Beifügung von Silizium im Bereich von 7 bis 20% beeinflusst wurde, und daß vielmehr eine Steigerung der Zugfestigkeit erhalten werden kann. Zusätzlich zu den erwähnten können andere bedeutende Vorteile durch die Legierung erhalten werden. So ist beispielsweise die Brinellhärte erstaunlich hoch, was auf eine ausgezeichnete Abnutzungsfestigkeit hinweist.

Zusätzlich lehrt die Erfindung eine Methode zur Behandlung der oben erwähnten Aluminiumlegierung. Die Methode umfaßt das Gießen der Legierung in einem Temperaturbereich von 676 bis 815° C und das Vergüten der Legierung in dem Temperaturbereich von 148 bis 260° C für die Dauer von 1 bis 24 Stunden. Vorzugsweise wird nach dem Gießen und vor dem Altern lösungsgeglüht.

409822/0699

und zwar bei einer Temperatur von 454 bis 523° C für die Dauer von 1 bis 40 Stunden, woraufhin ein Abschrecken erfolgt.

Wie bereits erwähnt, enthält die Aluminiumlegierung der Erfindung einen großen Anteil an Silizium, und zwar 7 bis 20%. Vorzugsweise nimmt man einen Anteil von Silizium im Bereich von 7 bis 12%, da man sich bei der Verwendung von mehr als 12% Silizium in dem primären Siliziumbereich befindet und grobe Siliziumteilchen vorfindet. Feine, gleichmäßige Siliziumteilchen, die in dem Bereich von 7 bis 12% vorliegen, ergeben ein besseres Produkt, das leichter zu gießen ist. Auch würde ein höherer Siliziumanteil eher die Festigkeit bei erhöhten Temperaturen leicht verringern. Dies ist eine bedeutende Zusatzwirkung. Wie bereits hervorgehoben wurde, ist das Silizium hauptsächlich in der Legierung der Erfindung als verteilte Elementarsiliziumteilchen vorhanden. Diese verleihen Härte, Abnutzungsfestigkeit und auch die Neigung, dem Wärmeausdehnungskoeffizienten zu verringern. Die Erfindung hat erstaunlicherweise gezeigt, daß die harten Siliziumteilchen der Legierung hinzugefügt werden können, ohne ihre guten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen zu verlieren. Weiterhin hat es sich ergeben, daß die wesentliche Vergütbarkeit der Legierung der vorliegenden Erfindung durch die Beimischung von Silizium in diesem Prozentsatz nicht beeinflusst wird. In dem Bereich von 7 bis 12% ist das Silizium vorzugsweise in eutektischer Form als eine gleichmäßig verteilte Dispersion kleiner Teilchengröße vorhanden. Die Teilchengröße kann durch die Steuerung der Erhärtungsrate im allgemeinen durch schnelles Kühlen nach dem Gießen beeinflusst werden, um die erwünschte kleine Teilchengröße zu erzeugen.

Die Legierung enthält Magnesium in einer Beimischung von 0,1 bis 0,6%, und vorzugsweise 0,3 bis 0,5%. Es hat sich herausgestellt, daß die Magnesiumbeimischung zusammen mit Kupfer notwendig ist, um eine merkwürdige Wirkung bei der Vergütbarkeit zu erhalten.

2347059

Die Silberbeimischung ist im Bereich von 0,1 bis 1,0% und vorzugsweise von 0,3 bis 0,7%. Silber erzeugt einen bedeutenden zusätzlichen Festigkeits- und Härtungseffekt.

Die Kupferbeimischung ist in der Größe von 3,5 bis 6% und vorzugsweise 4,5 bis 5,5%. Es hat sich herausgestellt, daß die Kupferbeimischung zur Festigkeit beiträgt. Kupfer ist der hauptsächliche Aushärtungszusatz, der die übersättigte feste Lösung während des Lösungsglühen bildet, aus der sich submikroskopische Teilchen während der Vergütung bilden. Die Art und Wirksamkeit des Aushärtungsvorganges wird durch die Magnesium- und Silberzusätze günstig beeinflusst.

Natürlich kann eine Vielzahl von Zusätzen und Verunreinigungen in der sich ergebenden Legierung vorhanden sein. So können Mangan und Chrom in Mengen von bis zu 0,7% bzw. 0,5% vorhanden sein, im allgemeinen in einer Menge von 0,1 bis 0,7% Mangan und 0,1 bis 0,5% Chrom. Jeder dieser Zusätze ist in besonderer Weise erwünscht, wenn Eisen vorhanden ist, da sie die Form der groben nadelförmigen Eisenteilchen in runde oder gleichachsige Teilchen ändern und die Sprödigkeit heruntersetzen. Eisen kann in einer Menge von bis zu 1,5% vorhanden sein. Wenn wenigstens 0,5% Eisen vorhanden sind, sollte Mangan und/oder Chrom auch wie oben angegeben vorhanden sein.

Titan kann ebenso in einer Beimengung von 0,01 bis 0,35% zur Verfeinerung der Gußkörner beigelegt werden, und Zink kann in einer Menge von bis zu 0,5% hinzugefügt werden. Nickel kann ebenso in einer Beimengung von bis zu 2,5% verwendet werden, um zu der Stabilität bei erhöhter Temperatur beizutragen. Natürlich kann jeder dieser Zusätze in einer Menge von 0,001% vorhanden sein, wenn dieses erwünscht ist. Zusätzlich zu den bereits erwähnten Beimischungen können andere in einer Menge von bis zu 0,05% von jeder vorhanden sein, so daß sich eine Gesamtbeimischung von 0,25% ergibt.

409822/0699

2347059

Diese Legierungen sind in besonderer Weise nützlich zur Herstellung von Kolben für Verbrennungsmaschinen.

Die Hersteller von Verbrennungsmaschinen mit Kolben bemühen sich laufend, eine Verbesserung dadurch zu erhalten, daß das Gewicht der Kolben verringert wird. Wenn man dieses tut, muß der Kolben eine ausreichende mechanische Festigkeit bei der Betriebstemperatur aufweisen und eine hohe Formbeständigkeit haben. Die erfindungsgemäßen Legierungen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie bei erhöhten Temperaturen besonders günstige Eigenschaften zusammen mit einer erstaunlichen Festigkeit gegenüber Abscheuern, Abreiben und Abnutzen aufweisen, die sie besonders für diese Verwendung geeignet erscheinen lassen.

Zusätzlich jedoch sind die Legierungen besonders nützlich für andere hoch beanspruchte Maschinenteile, die bei erhöhten Temperaturen arbeiten, wie beispielsweise in dem neuen Wankelmotor, und die Maßhaltigkeit und Abnutzungsfestigkeit verlangen.

Die Ergebnisse der Erfindung sind besonders überraschend, da man normalerweise eine starke Änderung der Eigenschaften des Grundsystemes erwarten würde, wenn große Beimengen eines Zusatzes einem Legierungssystem hinzugefügt werden. Jedoch hat es sich ergeben, daß man die erwünschten Eigenschaften des Legierungsgrundgefüges nicht zerstört, wie z.B. die Aushärtbarkeit, und die Eigenschaften bei höherer Temperatur und die hohe Festigkeit.

Die Legierung wird im Temperaturbereich von 676 bis 815° C gegossen. Es ist hauptsächlich beabsichtigt, die Legierung in angenäherter Form zu gießen und anschließend auf die Endmaße zu bearbeiten. Jedoch können andere Formungsverfahren, wie z.B. Schmieden verwendet werden. Nach dem Gießen oder Schmieden wird die Legierung vorzugsweise bei einer Temperatur von 454 bis 523° C während der Dauer von 1 bis zu 40 Stunden lösungsgeglüht, vorzugsweise jedoch bei einer Temperatur von 482 bis 510° C während der Dauer von 12 bis 20 Stunden, worauf

409822/0699

2347059

ein Abschrecken in kaltem oder kochendem Wasser erfolgt. Dieses sollte von einer Vergütung gefolgt werden, die die Festigkeit und Haltbarkeit entwickelt, die bei den besonderen Betriebstemperaturen notwendig sind. Das Vergüten erfolgt während eines Zeitintervalles von 1 bis zu 24 Stunden bei einer Temperatur von 148 bis 260° C.. Das Lösungsglühen wird besonders bevorzugt, da es bessere Eigenschaften entwickelt.

Die erfindungsgemäßen Legierungen und ihre Verbesserung werden anhand der folgenden Beispiele erläutert.

Beispiel I

Nach dem folgenden Verfahren wurden verschiedene Dauerformgüsse (Durville) von je 2000 Gramm Schmelze hergestellt. Es wurde in einem mit Aluminium beschichteten Ton-Graphittiegel geschmolzen und mit einer Induktionsspule erhitzt. Silizium, Kupfer, Magnesium und Silber wurden in elementarer Form beigegeben, andere Zusätze wurden als Vorlegierung hinzugefügt. Nach dem Schmelzen wurde die Schmelze mit Cl₂ Gas während 10 Minuten vor dem Ausgießen geströmt. Die Form hatte eine Aushöhlung von 10 cm Höhe und 10 cm Weite und von 4,5 cm Dicke, wobei oben ein Steigtrichter angeordnet war. Die erhaltenen Legierungen hatten Zusammensetzungen, wie sie aus der Tabelle 1 zu ersehen sind, wobei die auf 100% ergänzende Menge im wesentlichen in jedem Falle aus Aluminium bestand.

409822/0699

2347059

TABELLE I

Legierungszusammensetzung

Chemische Zusammensetzung in Gewichts %

<u>Legierung No.</u>	<u>Si</u>	<u>Cu</u>	<u>Mn</u>	<u>Mg</u>	<u>Ag</u>	<u>Fe</u>	<u>Ti</u>
1	6.9	4.9	-	-	-	0.14	0.1
2	7.0	5.1	-	0.5	-	0.08	0.09
3	6.8	5.0	-	0.5	0.6	0.09	0.09
4	6.9	5.0	0.6	0.5	-	0.08	0.09
5	11.2	5.0	-	0.5	-	0.1	0.1

Beispiel II

Die entsprechend dem Beispiel I vorbereiteten Legierungen wurden alle bei einer Temperatur von 493°C während einer Dauer von 16 Stunden vergütet, daraufhin wurde die Temperatur während 6 Stunden auf 504°C erhöht und anschließend wurde das Material im kalten Wasser abgeschreckt. Die sich ergebenden Eigenschaften werden in den folgenden Tabellen gezeigt. Tabelle II gibt die Brinellhärte des sich ergebenden Musters an, wobei sie unmittelbar nach dem Abschrecken gemessen wurde, daraufhin nach dem Vergüten während einer Woche bei Raumtemperatur und schließlich nach einer T6-Vergütung. Die T6-Vergütung bestand in einem Lösungsglühen und einem Vergüten des abgeschreckten Materials bei Raumtemperatur während der Dauer von 24 Stunden und darauf folgend bei einer Temperatur von 154°C während 20 Stunden. Tabelle III zeigt die Zugfestigkeitseigenschaften zweier bearbeiteter runder normaler Muster zur Zugfestigkeitsprüfung nach der T6-Vergütung.

409822/0699

TABELLE II
Härte - kg/mm²

2347059

<u>Legierung Nr.</u>	<u>unmittelbar nach dem Abschrecken</u>	<u>Vergütung bei Raum- temperatur während einer Woche</u>	<u>T6 Vergütung</u>
1	79.6	78.5	121
2	98.8	111	143
3	95.1	110	150
4	95.1	112	140
5	98.8	111	143

TABELLE III

Zug-Eigenschaften

<u>Legierung Nr.</u>	<u>Streckfestigkeit (kg/mm²)</u>	<u>Gränzzugfestigkeit (kg/mm²)</u>	<u>Dehnungs-%</u>
1	27.7, 27.4	37.0, 36.9	2.2, 2.0
2	41.5, 41.5	45.2, 44.8	0.9, 1.0
3	44.2, 44.0	47.1, 46.8	1.0, 1.0
4	42.6, 42.6	44.9, 44.8	1.0, 1.0
5	42.7, 42.5	46.0, 45.1	1.1, 1.0

Beispiel III

Zum Vergleich wurden die Zugfestigkeitseigenschaften bei der folgenden Legierung bestimmt: Aluminiumlegierung die 0,04% Silizium, 4,80% Kupfer, 0,27% Mangan, 0,46% Magnesium, 0,61% Silber, 0,03% Eisen, 0,30% Titan enthält und wobei die auf 100 zu ergänzenden Prozente Aluminium waren; diese Legierung wurde als Legierung 6 bezeichnet. Diese Legierung wurde bei einer Temperatur von 732° C in eine Dauerform von 1,9 x 1,9 cm² Querschnitt und 17,5 cm Länge gegossen, wobei ein Steigtrichter an der Kante angeordnet war. Das Material wurde lösungsgeglüht bei einer Temperatur von 529° C während einer Dauer von 16 Stunden, anschließend in kaltem Wasser abgeschreckt und daraufhin während 24 Stunden bei Raumtemperatur gelassen, um daraufhin während 20 Stunden bei einer Temperatur von 154° C vergütet zu werden. Die Zugfestigkeitseigenschaften zweier Muster sind in der Tabelle IV angegeben.

409822/0699

2347059

TABELLE IVZug-Eigenschaften

<u>Legierung Nr.</u>	<u>Streckfestigkeit (kg/mm²)</u>	<u>Grenzzugfestigkeit (kg/mm²)</u>	<u>Dehnungs - %</u>
6	42.2, 42.1	47.7, 47.9	7.0 und 9.9

TABELLE VHärte - kg/mm²

<u>Legierung Nr.</u>	<u>T6 Vergütung</u>
6	119, 119

Die Legierung 3, die die Legierung der Erfindung darstellt, zeigt eine höhere Härte und bessere Zugfestigkeitseigenschaften, als die Legierungen ohne Silberzusatz. Zusätzlich hat die erfindungsgemäße Legierung 3 eine höhere Festigkeit bei Raumtemperatur, als die Legierung 6, die einer normalen im Handel erhältlichen Legierung entspricht, obwohl das Lösungsglühen bei einer niedrigeren Temperatur vorgenommen worden ist. Das bedeutet, daß die Festigkeit des Grundgefüges aufrecht erhalten oder verstärkt wurde, und daß deshalb die erfindungsgemäße Legierung bei Teilen mit höherer Betriebstemperatur eine entsprechend höhere Festigkeit aufweist. Die Dehnung ist natürlicherweise verglichen mit der der Legierung 6 wegen der harten und spröden Siliziumteilchen verringert; jedoch ist die Verformbarkeit nicht notwendigerweise eine Eigenschaft dieser Art von Legierung, wogegen jedoch die verbesserte Abnutzungsfestigkeit für sie kennzeichnend ist.

409822/0699

2347059

Die Legierung 2 verglichen mit der Legierung 1 zeigt, daß Magnesium ein notwendiger Zusatz ist, um eine Wirkung der Vergütungsbehandlung und das hohe Maß an erwünschten Festigkeitseigenschaften zu erhalten. Vergleicht man die Legierung 4 mit der Legierung 2 so sieht man, daß Mangan, welches bekanntlicherweise mit Eisen, Silizium und Aluminium wechselwirkt, um eine harte zwischenmetallische Phase zu bilden, die wesentlichen Grundeigenschaften nicht gefährdet. Die Legierung 5 verglichen mit der Legierung 2 zeigt, daß man die notwendige Menge Silizium hinzufügen kann, um die Abnutzungsfestigkeit für einen vorgegebenen Anwendungszweck zu erhalten.

Die Brinellhärtedaten der Tabellen II und V zeigen, daß harte Teilchen, wie beispielsweise Silizium, zur Härte der Legierung beitragen, auch wenn die Zugfestigkeit des Grundgefüges nicht wesentlich erhöht wird. So hat die Legierung 1 mit geringer Zugfestigkeit ungefähr die gleiche Brinellhärte wie die Legierung 6 mit hoher Zugfestigkeit. Eine Steigerung der Härte der Legierung 1 ist bedeutend im Hinblick auf Abnutzungsfestigkeit und Abrieb. So stellt die höhere Brinellhärte der Legierung 3 ein Maß für ihre größere Abnutzungsfestigkeit dar, wenn man sie mit der normalen Legierung 6, als auch mit den silberfreien Legierungen 2, 4 und 5 vergleicht.

PATENTANWÄLTE

HELMUT SCHROETER KLAUS LEHMANN
DIPL.-PHYS. DIPL.-ING.

2347059

Olin Corporation

bm-ol-13
BB/Pp

Patentansprüche

1. Legierung auf Aluminiumbasis, die im wesentlichen 7 bis 20% Silizium, 0,1 bis 0,6% Magnesium, 0,1 bis 1,0% Silber, 3,5 bis 6% Kupfer enthält, wobei der Ausgleich auf 100% durch Aluminium hergestellt wird.
2. Gußlegierung auf Aluminiumbasis mit hoher Abnutzungsfestigkeit und guten Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen, die im wesentlichen aus 7 bis 12% Silizium, 0,1 bis 0,6% Magnesium, 0,1 bis 1,0% Silber und aus 3,5 bis 6% Kupfer besteht, wobei der Ausgleich auf 100% durch Aluminium hergestellt wird.
3. Aluminiumlegierung nach Anspruch 2, die bis zu 1,5% Eisen enthält.
4. Aluminiumlegierung nach Anspruch 3, die 0,1 bis 0,7% Mangan und/oder 0,1 bis 0,5% Chrom enthält.
5. Aluminiumlegierung nach Anspruch 2, die 0,01 bis 0,35% Titan enthält.
6. Aluminiumlegierung nach Anspruch 2, die bis zu 2,5% Nickel, bis zu 0,5% Zink, bis zu 0,7% Mangan, bis zu 0,5% Chrom, bis zu 0,35% Titan, bis zu 1,5% Eisen und andere Bestandteile enthält, von jedem dieser Bestandteile bis zu 0,05%, und zusammen mit einem Gesamtbeitrag von bis zu 0,25%.

409822/0699

2347059

7. Aluminiumlegierung nach Anspruch 2, wobei eine Vergütung vorgenommen worden ist.
8. Gußlegierung auf Aluminiumbasis, die eine gute Abnutzungsfestigkeit und gute Eigenschaften bei erhöhter Temperatur aufweist, zur Verwendung bei Kolben und hoch beanspruchten Maschinenteilen, die im wesentlichen aus 7 bis 12% Silizium, 0,3 bis 0,5% Magnesium, 0,3 bis 0,7% Silber und 4,5 bis 5,5% Kupfer besteht, wobei der Ausgleich auf 100% im wesentlichen durch Aluminium hergestellt wird.
9. Verfahren zur Herstellung einer Gußlegierung auf Aluminiumbasis, die eine hohe Abnutzungsfestigkeit und gute Eigenschaften bei erhöhten Temperaturen aufweist, wobei eine Legierung auf Aluminiumbasis, die aus 7 bis 20% Silizium, 0,1 bis 0,6% Magnesium, 0,1 bis 1% Silber, 3,5 bis 6,0% Kupfer besteht und wobei der Ausgleich auf 100% im wesentlichen durch Aluminium hergestellt wird, im Temperaturbereich von 676°C bis 815°C gegossen wird, und wobei eine Vergütung der Legierung bei einer Temperatur zwischen 148°C bis 260°C während einer Dauer von 1 bis zu 24 Stunden vorgenommen wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, das nach dem Gießen und vor dem Vergüten ein Lösungsglühen enthält, wobei dieses Lösungsglühen bei einer Temperatur zwischen 454°C und 523°C während einer Dauer von 1 bis zu 40 Stunden vorgenommen wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei sich an das Lösungsglühen ein Abschreckvorgang anschließt.

409822/0699